

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE CIENCIAS BIOLÓGICAS



TESIS

**CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO HÍDRICO EN CINCO
ESPECIES DE BROMELIAS EPIFITAS EN EL BOSQUE DE
NEBLINA “LOS CHUMUCOS” – AYABACA – PIURA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

BIÓLOGO

Br. ROBERTO DIMAS OLAYA RIVERA

PIURA-PERÚ

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE CIENCIAS



ACTA DE SUSTENTACIÓN 020-2016-FC-UNP

Los Miembros del Jurado Calificador que suscriben, reunidos para evaluar la Tesis denominada **“CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO HÍDRICO EN CINCO ESPECIES DE BROMELIAS EPIFITAS EN EL BOSQUE DE NEBLINA “LOS CHUMUCOS” – AYABACA - PIURA**” presentada por el señor Bachiller **ROBERTO DIMAS OLAYA RIVERA**, oídas las observaciones y respuestas a las preguntas formuladas, y de conformidad al Reglamento de Tesis para obtener el Título Profesional en la Facultad de Ciencias, lo declaran:

APROBADO (X)

DESAPROBADO ()

Con la mención de:

MUY BUENO

() En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo de Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO**.

() En consecuencia, queda en condición de ser ratificado por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, y recibir el **TÍTULO PROFESIONAL DE BIÓLOGO**; después que la sustentante incorpore la sugerencia del Jurado Calificador.

Piura, 27 de abril del 2016.


Blgo. **RONALD WILMER MARCIAL RAMOS, MSc.**
PRESIDENTE DE JURADO DE TESIS


Blgo. **HUMBERTO RIVERA CALLE, MSc.**
SECRETARIO DE JURADO DE TESIS

Ing. **ANA MARÍA MONTERO SALAZAR**
VOCAL DE JURADO DE TESIS

Campus Universitario - Urb. Miraflores S/N. Castilla
PIURA – PERU

Agradecimientos:

A la ONG Naturaleza y Cultura Internacional, por la gran oportunidad de trabajo y el apoyo brindado en la ejecución de este proyecto.

Al Blgo. Alex More, Paul Viñas, William Calle y todos los que laboran en NCI, por haber confiado en mí y darme la oportunidad de poder trabajar en esta maravillosa institución, por todas sus enseñanzas, consejos y palabras de aliento, no solo en la ejecución de este proyecto o en el ámbito profesional, sino también en mi formación como persona.

A Paolo Villegas y Jorge Novoa, por mostrarme el maravilloso mundo de la Ecología y haberme dado la oportunidad de participar y aprender del trabajo científico y de conservación que realizaban y siguen realizando.

A mi Asesor Dr. Manuel Charcape Ravelo, a mi Coasesora, la Blga. Glenda Mendieta Leiva y al Blgo. Christian Devenish por su asesoramiento y ayuda en el uso del programa estadístico R, por sus enseñanzas e incontable ayuda para la realización de este proyecto.

A los pobladores de la comunidad campesina de Samanga - Ayabaca, en especial a Juan Merino Gaona, un luchador de la conservación de sus bosques y Paramos.

A todos los docentes de la universidad Nacional de Piura, Escuela de Ciencias Biológicas por brindarme los conocimientos necesarios para empezar mi camino en el campo de la ciencia y la ecología.

A mis Padres, en especial a mi madre que siempre confió en mí sin importar lo que quería estudiar, a mis hermanos por el apoyo y comprensión, a mis tíos por el apoyo que me brindaron en mis tiempos de estudiante.

A todos, muchas gracias.

INDICE GENERAL

CONTENIDO	Pág.
Dedicatoria	1
Agradecimientos	2
Índice general	3
Índice de tablas	5
Índice de figuras	6
RESUMEN	8
ABSTRACT	8
I. INTRODUCCION	10
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
2.1 Área de estudio.....	15
2.2 Muestreos.....	17
2.2.1 Muestreo al dirigido estratificado.....	17
2.2.2 Colecta de datos en campo	20
2.3 Trabajo de gabinete	20
2.3.1 Identificación taxonómica y descripción de las cinco especies de bromelias	20
2.3.2 Tratamiento de datos y análisis estadístico.....	22
III. RESULTADOS	24
3.1 Bromelias epífitas más comunes en el bosque de neblina “Chumucos”, Samanga-Ayabaca	24
3.2 Capacidad de almacenamiento hídrico - CAH	29
3.3 Diferencias en la capacidad de almacenamiento de las cinco especies de bromelias epífitas en el bosque de neblina “Los Chumucos” – Ayabaca.....	31
IV. DISCUSIÓN	32
V. CONCLUSIONES	35
VI. RECOMENDACIONES	35
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	36
VIII. ANEXOS	42

Script de Resultados en Rstudio	48
--	-----------

INDICE DE TABLAS

CONTENIDO	Pág.
Tabla 01. Coordenadas de los sitios de muestreo en el bosque de neblina Los Chumucos - Ayabaca	18
Tabla 2. Variables morfométricas de las cinco especies de bromelias epifitas más comunes en el bosque los Chumucos – Ayabaca	28
Tabla 03. Resultado de la comparación por pares (función de Kruskal-Mc) en las cinco especies de bromelias epifitas del bosque de neblina “Los Chumucos”, Ayabaca- Piura	30

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

Figura 1. Bosque los Chumucos- Samanga Ayabaca	14
Figura 2. Presencia de constante neblina en el bosque	15
Figura 3. Presencia de bromelias epifitas en este bosque de neblina	15
Figura 4. Esquema del muestreo al azar realizado en el bosque Los Chumucos	16
Figura 5. Sitios de muestreo en el bosque de neblina los Chumucos - Ayabaca	17
Figura 6. Bromelias de diferentes tamaños colectadas para este estudio	18
Figura 7. Esquema de una bromelia epifita	20
Figura 8. <i>Tillandsia biflora</i> - Bosque los Chumucos.....	23
Figura 9. <i>Racinaea lyman-smithiana</i> - Bosque los Chumucos.....	24
Figura 10. <i>Tillandsia stenoura</i> - Bosque los Chumucos.....	25
Figura 11. <i>Tillandsia complanata</i> - Bosque los Chumucos	26
Figura 12. <i>Vriesea limonensis</i> - Bosque los Chumucos.....	27
Figura 13. Número de individuos por peso inicial evaluados, de las cinco especies de bromelias epifitas más comunes en el bosque de neblina “Los Chumucos” – Ayabaca	28
Figura 14. Contenido de agua de las cinco especies de bromelias epifitas más comunes en el bosque de neblina “Los Chumucos” – Ayabaca.....	29
Figura 15. Capacidad de almacenamiento hídrico de las cinco especies de bromelias epifitas más comunes en el bosque de neblina “Los Chumucos” – Ayabaca.	29
Figura 16. Trabajo de recojo de información en campo.....	42
Figura 17. Colecta de bromelias de la parte alta de los árboles	42
Figura 18. Equipos utilizados para el trabajo en campo	42
Figura 19. Colecta de bromelias de la parte baja de los árboles	43
Figura 20. Remoción de restos de materia orgánica y detritos de los espacios entre las hojas de cada bromelia.....	43
Figura 21. Proceso de llenado para cada individuo colectado.....	43
Figura 22. Proceso de medición para cada individuo colectado	43
Figura 23. Proceso de llenado de los espacios laterales de cada individuo de bromelia colectado	43
Figura 24. Pesado de un individuo de <i>Tillandsia biflora</i> colectado.....	44
Figura 25. Pesado de un individuo de <i>Racinaea lyman-smithiana</i> colectado.....	44
Figura 26. Individuos de <i>Tillandsia stenoura</i> de diferente tamaño colectadas	44

Figura 27. Individuos de <i>Racinaea lyman-smithiana</i> de diferente tamaño colectadas	44
Figura 28. Ubicación de las bromelias en los arboles del bosque de los Chumucos	45
Figura 29. Inflorescencia de <i>Tillandsia biflora</i>	45
Figura 30. Rama caída por el exceso de bromelias en el árbol huésped	45
Figura 31. Forma atmosférica de una de las bromelias presentes en el bosque Los Chumucos	45
Figura 32. Esquema de los dos tipos de tanque en las bromelias. Zotz & Andrade (1998)	46
Figura 33. Tipo de tanque central en <i>Racinaea lyman-smithiana</i>	46
Figura 34. Tipo de tanque de compartimientos laterales en <i>Tillandsia complanata</i>	46

Resumen

Este estudio consistió en calcular la capacidad de almacenamiento hídrico de las cinco especies de bromelias epifitas en el bosque de neblina "Los Chumucos" (CC Samanga, Ayabaca) y observar si existen diferencias de capacidad de almacenamiento entre ellas. Para ello se colectaron individuos de las cinco especies más comunes en el bosque: *Tillandsia biflora*, *Tillandsia stenoura*, *Tillandsia complanata*, *Vriesea limonensis* y *Racinaea lyman-smithiana*. La capacidad de almacenamiento hídrico promedio para todas las especies evaluadas fue alrededor de 1 ml/g (0.89 ml/g para *Tillandsia biflora*, 0.72 ml/g en *Tillandsia stenoura*, 0.94 ml/g para *Tillandsia complanata* y 0.86 ml/g para *Vriesea limonensis*). La especie que presentó la mayor capacidad de almacenamiento hídrico fue *Racinaea lyman-smithiana* con 1.3 ml/g. Las diferencias de capacidad de almacenamiento se mostraron (Kruskal Wallis $x = 19.28$, $df = 4$, $p = <0.001$) entre *Racinaea lyman-smithiana* con el resto de especies evaluadas (excepto con *T. complanata*), lo cual nos lleva a pensar que la forma o arquitectura particular del tanque de *Racinaea lyman-smithiana* la hace más eficiente para almacenar agua en relación a su peso.

Palabras Clave: Bromeliaceae, peso inicial, almacenamiento hídrico, bosque de neblina, epífitas, Ayabaca.

Abstract

This study was to calculate the water storage capacity of the five species of epiphytic bromeliads in the cloud forest "The Chumucos" (CC Samanga, Ayabaca) and see if there are differences in storage capacity between them. *Tillandsia biflora*, *Tillandsia stenoura*, *Tillandsia complanata*, *Vriesea limonensis* and *Racinaea lyman-smithiana*: To do individuals of the five most common species were collected in the forest. The ability of average water storage for all species examined was about 1 ml/g (0.89 ml/g for *Tillandsia biflora*, 0.72 ml/g in *Tillandsia stenoura*, 0.94 ml/g for *Tillandsia complanata* and 0.86 ml/g for *Vriesea limonensis*). The species that showed the highest water storage capacity was *Racinaea lyman-smithiana* with 1.3 ml/g. Differences storage capacity were (Kruskal Wallis $x = 19.28$, $df = 4$, $p = <0.001$) between *Racinaea lyman-smithiana* with other species evaluated (except *T. complanata*), which leads us to believe that the shape or particular architecture *Racinaea tank lyman-smithiana* makes it more efficient to store water in relation to its weight.

Keywords: Bromeliaceae, initial weight, water storage, cloud forest, epiphytes, Ayabaca.

I. INTRODUCCION

Se estima que alrededor del 25% de la diversidad biológica a nivel mundial se encuentra en la región andina; los países que comprenden esta región son considerados como los más diversos y ricos en especies animales y vegetales a nivel mundial (Mittermeir *et al.*, 1997, Myers *et al.*, 2000).

El Perú cuenta con unas 25 mil especies de plantas vasculares distribuidas en 83 zonas de vida de las 114 descritas por Holdridge (1967). En los bosques tropicales las epífitas pueden constituir más del 50% de la biomasa foliar y el 10% de todas las especies de plantas vasculares, y en algunos bosques pueden llegar a representar hasta el 25% del total de especies de plantas vasculares (Nadkarni, 1984; Kress, 1986; Gentry & Dodson, 1987; Benzing, 1989, 2000; Nieder *et al.*, 2001).

El bosque nublado o de neblina es un ecosistema definido por la presencia constante de nubes y de neblina (Bubb *et al.*, 2004). A pesar de que su distribución geográfica es limitada y representan un bajo porcentaje de la cobertura de bosques tropicales a nivel mundial (2.5%), este tipo de ecosistema presenta un alto grado de endemismo y de diversidad. Este patrón es observable a lo largo de los trópicos y en especial en ecosistemas montañosos y accidentados en las cordilleras, como la de los andes (Bubb *et al.*, 2004; Jablonski *et al.*, 2006). Estos ecosistemas de montaña proporcionan un suministro estable de agua de alta calidad, indispensable para el mantenimiento de riego, generación de energía hidroeléctrica y de agua de consumo para las poblaciones asentadas alrededor de estas zonas (Brown & Terry, 1996).

Los bosques de neblina del norte peruano distribuidos en torno a la zona de la deflexión de Huarmaca (Piura, Cajamarca y Amazonas), han sido ampliamente reconocidos como fuente de diversidad. En la zona de la deflexión de Huarmaca se cuenta con 715 especies endémicas, que representan cerca del 10% del endemismo para todo el país en menos de un 8% de su superficie (Sagástegui *et al.*, 2003).

El Bosque de Neblina del área de conservación privada de la comunidad campesina de Samanga - Ayabaca es un bosque montano nublado tropical, ubicado en los 4°56'50.8"S 79°29'O entre los 2500 y 3100 msnm de la C.C. Samanga. Esta área de bosque montano es extensa y presenta paisajes muy llamativos. El dosel del bosque contiene especies de árboles de 10 a 25 metros de altura, con diámetro a la altura de pecho (DAP) de hasta un metro como *Podocarpus oleifolius* "romerillo". Otras especies abundantes son *Clusia alata* "tarazo", *Oreopanax raimondii* "tumamaque", *Myrcianthes* sp. "lanche", *Ocotea architectorum* "paltón", *Hedyosmum scabrum* "hualtaquillo", *Axinaea* sp. "ganchaguero", *Gynoxys laurifolia* "sapote", *Myrica pubescens* "laurel" y *Weinmannia fagaroides* "sallo". También, arbustos de hasta 4 metros de altura como *Oreocallis grandiflora* "cucharilla", *Baccharis emarginata* "chilca redonda" y *Baccharis* sp. "Chilca larga", entre otras. En los troncos y ramas de los árboles maduros hay abundantes especies epífitas como helechos de los géneros *Campyloneurum*, *Polypodium* e *Hymenophyllum*, aráceas del género *Authurium* "oreja de elefante", bromelias del género *Tillandsia*, orquídeas de los géneros *Masdevallia*, *Epidendrum*, *Oncidium*, *Pleurothallis*, y abundantes musgos y líquenes, dándole al bosque un aspecto espectral (NCI-Perú, 2012).

Estos bosques se caracterizan por la presencia de neblina durante la mayor parte del día, y uno de sus componentes más característico son las epífitas (Zavala, 2002; Arévalo & Betancur, 2004; Mendieta, 2007; Acuña, 2010). Las epífitas vasculares son plantas estructuralmente dependientes, que germinan y crecen exclusivamente en individuos huéspedes (ej. árboles, arbustos o lianas), sin conexión con el suelo y sin parasitar su huésped (Zotz, 2013). Estas plantas han desarrollado diversas adaptaciones para la obtención de agua y nutrientes directamente de la atmósfera (Madison, 1977).

Las epífitas comprenden 27 614 especies (incluyendo hemiepífitas) que representan 913 géneros y 73 familias de plantas vasculares, o aproximadamente el 9 % de la diversidad de plantas vasculares existentes (Zotz, 2013). Ochenta familias de plantas cuentan con representantes epífitas, siendo la familia Orchidaceae la que cuenta con el mayor número de epífitas. Otras dos taxones importantes son Bromeliaceae con 45% y Pteridophyta con 30% (Zotz & Andrade, 2002).

Las epifitas juegan un rol muy importante en los bosques tropicales y contribuyen a la diversidad de los bosques debido a sus interacciones con otros taxones (Gentry & Dodson, 1987). Algunos grupos tienen una arquitectura particular, constituyendo un microhábitat esencial para ciertos organismos como algas y bacterias, siendo también una fuente importante de recursos para aves, anfibios y artrópodos entre otros (Cruz-Angón & Greenberg, 2005; Ceja *et al.*, 2008). Contribuyen también al funcionamiento del ecosistema (Zotz & Andrade, 2002), especialmente en los ambientes de montaña (Gentry & Dodson, 1987). Sostienen un papel significativo en la dinámica de nutrientes del ecosistema, ya que aumentan la eficiencia en la captación de nutrientes y agua de los árboles huéspedes (y por extensión del bosque), al ser capaces de adquirirlos directamente de la atmósfera, actuando como “buffer”, reteniendo y administrando el agua y los nutrientes (Benzing, 1990; Nadkarni, 1984). La mitad del total de NH_4^+ , NO_3^- y otros iones importantes entran al bosque a través de la denominada “lluvia oculta”, iones que son interceptados y depositados al sistema a través de las epifitas (Lovett *et al.*, 1985). Además, las epifitas representan una porción importante de la biomasa del bosque, y en sus tejidos vivos o muertos hay gran cantidad de minerales, diferentes a los de los árboles huéspedes, que están inmovilizados por un periodo en el dosel y pasan al ecosistema por un mecanismo de “limpieza del dosel” cuando caen de las copas (Benzing, 1990; Nadkarni, 1984).

Entre las epifitas vasculares, las bromelias cumplen un rol ecológico importante (Madison, 1977), interceptando agua, materiales atmosféricos y sosteniendo una extensa macro y micro biota, cuyo fraccionamiento y degradación libera entre otros, iones que son absorbidos a través de tricomas de las láminas foliares (Downs & Lyman, 1974; Benzing, 1976; Benzing & Davidson, 1979; Benzing & Ott, 1981). Las bromelias son el segundo grupo con mayor número de especies epifitas después de las orquídeas (Luther, 2006). Esta familia cuenta con al menos 1,800 especies epifitas, lo que representa el 60% de las especies en la familia (Zotz, 2013; Gentry & Dodson, 1987; Kress, 1986). Este grupo de epifitas se encuentra restringido a América, con excepción de una especie que habita en África. Las Bromeliaceae pueden ser descritas ecológicamente como un grupo de hierbas tropicales tolerantes al estrés con una pronunciada tendencia al epifitismo. En particular es la subfamilia Tillandsioidae la que cuenta con la mayoría de las especies epifitas (Benzing, 1980).

Muchas especies de bromelias son conocidas como “airplants” (plantas de aire), porque obtienen sus nutrientes de la humedad atmosférica a través de los tricomas en sus hojas (Benzing, 1989). Otras especies forman rosetas o “tanques” que capturan restos orgánicos y retienen agua. Es así que se distinguen dos grupos morfofuncionales: las bromelias tipo *tanque* y las *atmosféricas*, las primeras poseen hojas en disposición de roseta para almacenar agua y capturar materia orgánica, y cutículas impermeables; y en las atmosféricas sus hojas son filiformes con textura ondulada y tricomas foliares en mayor cantidad que les permiten extraer humedad del aire. Distintas especies de bromelias presentan heteroblastia, un proceso que se conoce como sucesión foliar (Benzing, 1990; 2000). Aparece en etapas tempranas de su ontogenia, la morfología de las llamadas atmosféricas, y posteriormente el crecimiento, ensanchamiento de las hojas, y reducción del número de tricomas en la etapa adulta, en la cual la roseta alcanza la forma de tanque, capaz de almacenar agua entre las hojas. (Benzing, 1987; 1990).

El hecho de que las bromelias utilizan sus raíces principalmente para fijación, mientras que el agua y los nutrientes son absorbidos a través de las hojas es conocido y ha sido documentado (Schimper, 1888). Comprensión más profunda de los mecanismos por los cuales estas plantas captan y almacenan agua y nutrientes se ha obtenido en las últimas décadas (Ohrui *et al.*, 2007). Cuando el microambiente de las epífitas cambia, los procesos fisiológicos de estas plantas son directamente afectados (Ruzana & Ainuddin, 2011). De manera que ante cualquier leve variación en el ambiente, tanto el proceso fotosintético como el crecimiento de las plantas varía (Schurr *et al.*, 2006).

Se cree que los ecosistemas normalmente se dispersan hacia arriba como respuesta a un incremento en la temperatura en seguimiento de un clima favorable. Se especula también, que las especies de los bosques de neblina estarían restringidas en su capacidad de hacerlo, porque sus árboles demoran en dispersarse debido al lento crecimiento y el tiempo necesario para la formación de los suelos adecuados (Colwell, 2008; Lutz *et al.*, 2013).

Los bosques de neblina son muy sensibles a los cambios de humedad. El movimiento hacia arriba de la base de las nubes podría conducir a una disminución del agua en la atmósfera, con consecuencias para epífitas y las comunidades de animales que soportan. De hecho, hasta ahora los únicos estudios científicos que sugieren un vínculo entre el cambio de la humedad y la vulnerabilidad de las especies en los Andes tropicales han sido sobre anfibios (Seimon *et al.*, 2007, La Marca *et al.*, 2005).

No obstante, en el caso de las aves y plantas, un área muy particular de pérdida posible se concentra en las Yungas del oriente del Perú, donde los impactos proyectados son extremadamente altos, con pérdida en la riqueza de especies superiores al 60% (Cuesta *et al.*, 2012). Los bosques de neblina también pueden ser vulnerables a los fenómenos extremos (Young *et al.*, 2011). Incluso un solo evento de sequía puede causar mortalidad significativa de las plantas (Benzing, 1998; Foster, 2001).

Epífitas como las bromeliáceas pueden ser un buen modelo de estudio para identificar los posibles efectos del cambio climático por varias razones, en la que destaca su dependencia en la disponibilidad de agua en forma de lluvia, neblina o rocío (Andrade, 2003; Graham & Andrade, 2004; Reyes-García *et al.*, 2008). No es de extrañar que la mayor diversidad de epífitas se encuentre en los bosques húmedos (Espejo-Serna *et al.*, 2007), debido a la distribución uniforme de la lluvia durante el año (Benzing, 1998). Es por ello que los modelos que predicen el cambio climático sobre los bosques deberían incluir, para lograr mayor precisión a las epífitas.

El objetivo de este estudio fue determinar la capacidad de almacenamiento hídrico de las cinco especies de bromelias epífitas más comunes en el bosque de neblina “Los Chumucos”, así mismo ver si existen diferencias en la capacidad de almacenamiento hídrico entre ellas.

El área de estudio es parte del bosque de “Ramos” el cual conforma el área de conservación Privada “**Bosques de Neblina y Paramos de la CC Samanga**” (ACP-Samanga), recientemente creada y que viene siendo manejada por la misma comunidad campesina.

Este bosque comprende un gradiente altitudinal de los 2700 hasta los 3100 msnm aproximadamente y presenta constante neblina.



Figura 2. Presencia de constante neblina en el bosque.

Especies arbóreas como *Podocarpus oleifolius* “romerillo”, *Clusia* sp “tarazo”, *Myrsine latifolia*, *Oreocallis grandiflora* “cucharillo”, *Weimania* sp. “casho” son las más abundantes en este bosque, así mismo también producto de la humedad y la neblina la presencia de bromelias, musgos y líquenes es abundante en los troncos y ramas de los árboles de este bosque.



Figura 3. Presencia de bromelias epifitas en este bosque de neblina.

2.2 Muestreos

Los muestreos se realizaron entre los meses de noviembre del 2014 y julio del 2015. Antes de diseñar y empezar el muestreo, se realizaron salidas previas al bosque en diferentes elevaciones para registrar las especies más comunes en el bosque, en base a su incidencia.

El diseño del muestreo se planteó con el fin de lograr; primero una muestra representativa del bosque (cubriendo todo el gradiente altitudinal) y segundo para causar el menor impacto al bosque. Es por ello que se realizó un muestreo dirigido estratificado.

2.2.1 Muestreo al dirigido estratificado.

Se establecieron transectos lineares de 100 m perpendiculares al sendero del bosque cada 300 metros (Figura 4).

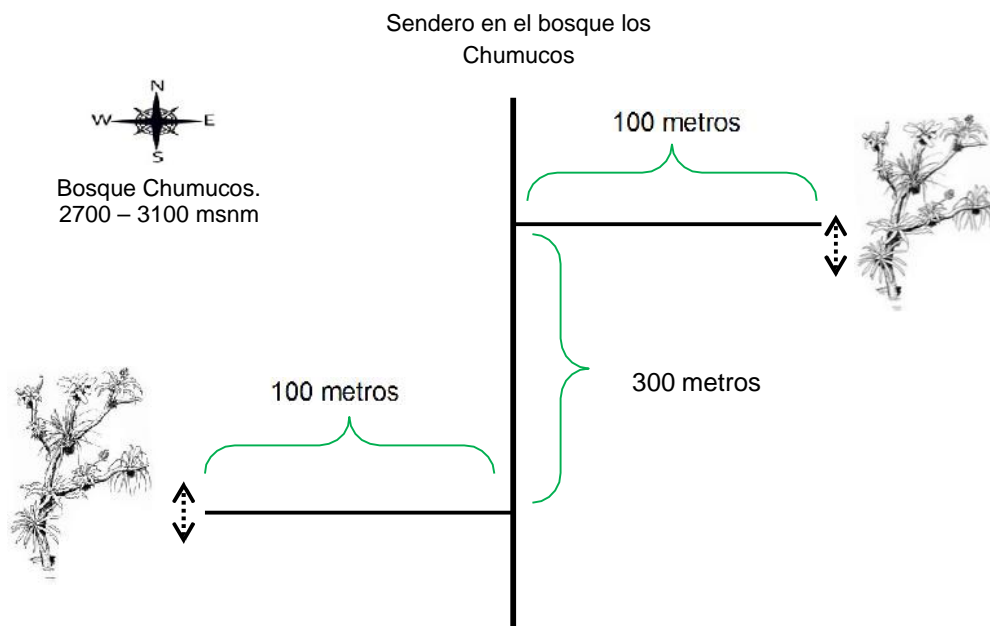


Figura 4. Esquema del muestreo al azar realizado en el bosque Los Chumucos.

Se revisaron los árboles a los lados de cada transecto linear y se colectaron las bromelias (Figura 4) de acuerdo a su tamaño y morfo especie.

Se establecieron tres sitios de muestreo, tratando de cubrir todo el gradiente que comprende el bosque:

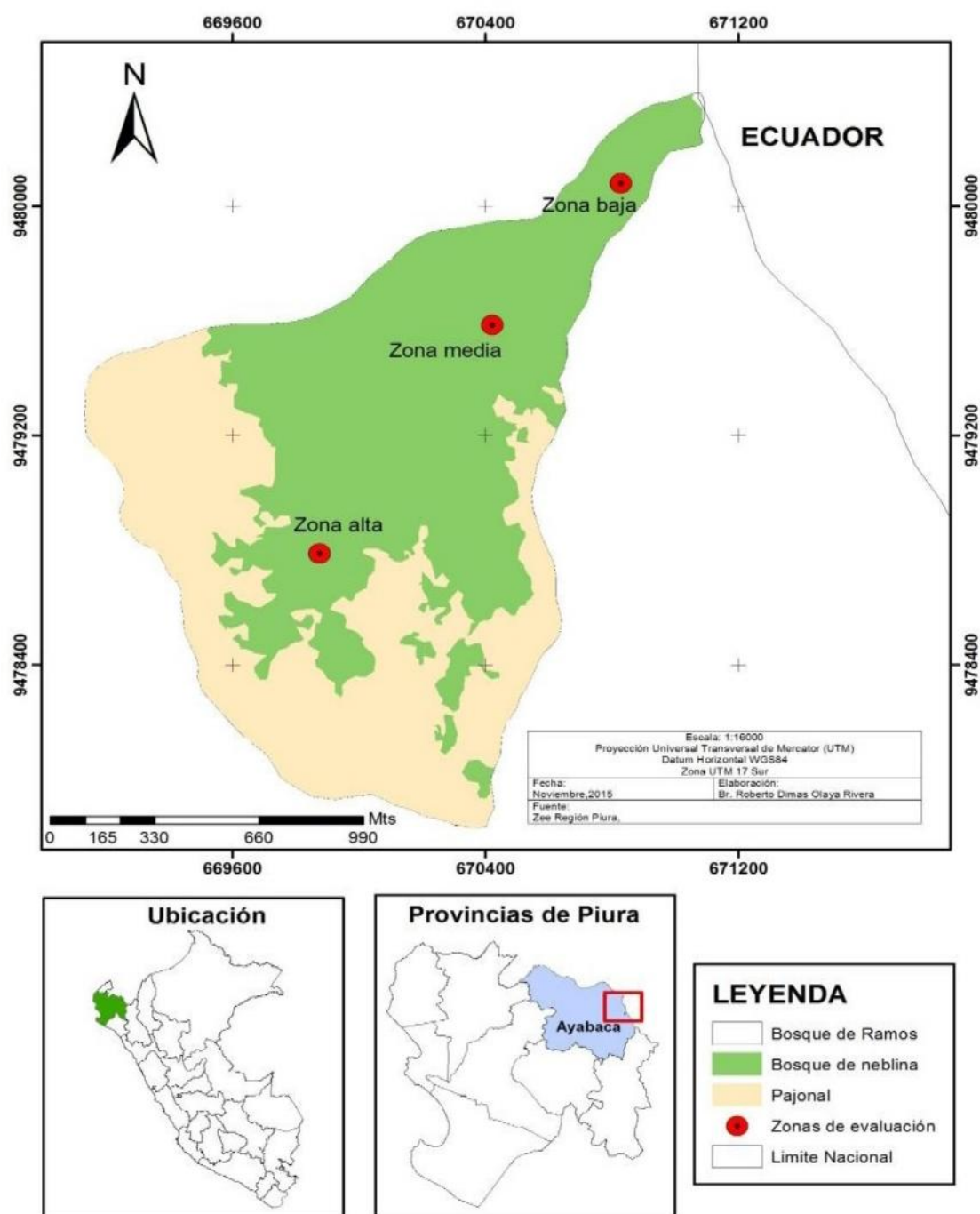


Figura 5. Sitios de muestreo en el bosque de neblina los Chumucos - Ayabaca.

Tabla 01. Coordenadas de los sitios de muestreo en el bosque de neblina Los Chumucos - Ayabaca.

Estratificación del bosque	Altura msnm	Coordenadas	
		L.S	L.O.
Zona alta	3020	4°42'48.81"	79°27'50.65"
Zona media	2879	4°42'23.59"	79°27'48.54"
Zona baja	2750	4°42'7.47"	79°27'35.35"

Cada bromelia fue rotulada y llevada al campamento para su posterior limpieza y procesamiento.

Con el objetivo de disminuir la variabilidad debida a los cambios ontogénicos (Benzing, 2000; Zotz *et al.*, 2001), ya que en bromelias epífitas la longitud de la hoja más grande, el área de la superficie de la planta y el diámetro del tanque está correlacionadas con el peso de la planta (Zotz & Vera, 1999; Merwin *et al.*, 2003), seleccionamos individuos de diferente tamaño o peso dentro del rango de cada especie.



Figura 6. Variabilidad del tamaño de los individuos colectados para este estudio.

2.2.2 Colecta de datos en campo

- **Contenido de agua en el tanque**

Para calcular el contenido de agua en el tanque se siguió la metodología propuesta por Zotz & Andrade (1998), que consistió en remover cualquier resto de agua o material orgánico acumulado en cada individuo, posteriormente cada hoja se secó con papel toalla y se dejó secar superficialmente cada individuo por aproximadamente 10 horas. Para obtener el peso inicial, cada individuo fue colocado en un balde transparente, tratando de que se mantuviera lo más erguido y estable posible, y fue pesado con una balanza. Para obtener el peso final, las bases de las hojas fueron cuidadosamente llenadas con agua usando una jeringa hasta que el agua comenzara a rebasarse de la roseta y se volvió a medir el peso. El contenido de agua en el tanque (CAT) se definió como la diferencia entre el peso final y el peso inicial y se expresa en gramos. En el caso del agua o sustancias con una densidad de 1 g/cm³, su peso en gramos es equivalente a su medida en mililitros.

$$CAT = P_f - P_i$$

2.3 Trabajo de gabinete

2.3.1 Identificación taxonómica y descripción de las cinco especies de bromelias

No existen claves taxonómicas de Bromeliaceae para el Perú, muchos menos para el área de estudio. Por lo cual, para la identificación taxonómica y descripción de las especies se revisaron herbarios virtuales botánicos, trabajos y/o tesis de otros países (Venezuela, Ecuador y Colombia).

Herbarios botánicos virtuales:

- Missouri botanical garden. (<http://www.tropicos.org/>)
- Flora pix.nl
(<http://botu07.bio.uu.nl/tropical/?gal=default&genus=Tillandsia&name=laminata>)
- Herbario de CONABIO. (<http://www.conabio.gob.mx/otros/cgi-bin/herbario.cgi>).
- Herbario de Costa rica. (<http://www.museocostarica.go.cr/herbario/>)
- The New York botanical garden.
(<http://sciweb.nybg.org/science2/SteereHerbarium.asp.html>)

Estudios relacionados:

- Bromeliaceae de los páramos y subpáramos andinos venezolanos (Morillo *et al.*, 2010).
- Distribución vertical de epifitas (Familia Bromeliaceae) en un bosque montano bajo en la reserva natural buena vista (Castillo *et al.*, 2009).
- Guía de reconocimiento del género *Tillandsia* de Guatemala (CONAP, 2010).

Se compararon las muestras colectadas con las muestras de los herbarios virtuales, así como las descripciones y claves de los trabajos que se revisaron. Además se contó con la ayuda de la Doctora Glenda Mendieta Leiva, investigadora de post doctorado en la Universidad de Marburg - Alemania y especialista en epifitas vasculares.

Para la identificación de muestras sin inflorescencia se tomó en cuenta características morfológicas como la forma de hojas, coloración de la base de las hojas, forma de la punta, coloración y distribución espacial (cercanía con una bromelia con inflorescencia); esto ayudó en campo la clasificación de los individuos.

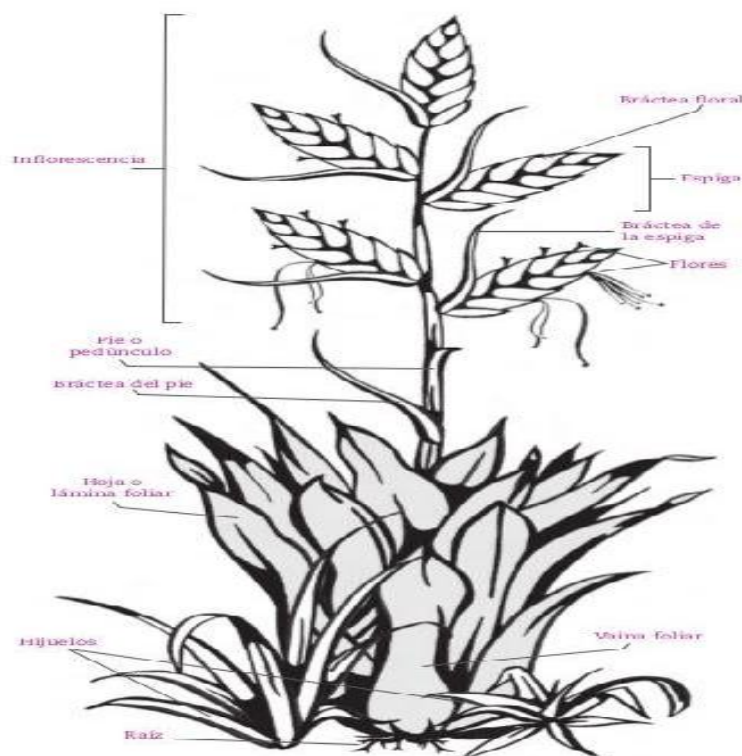


Figura 7. Esquema de una bromelia epifita.

2.3.2 Tratamiento de datos y análisis estadístico

Los análisis y las representaciones gráficas se llevaron a cabo con el programa estadístico **R** a través de la interfaz Rstudio y usando los paquetes estadísticos correspondientes a las funciones (R Core Team, 2014). Para cada análisis se revisó la normalidad de la distribución de la variable dependiente con el test Shapiro – Wilk.

Este test (Shapiro–Wilk) se usa para probar la normalidad de un conjunto de datos. Se plantea como hipótesis nula (H_0) que una muestra x_1, \dots, x_n proviene de una población normalmente distribuida.

Si el valor de la probabilidad (p-valor) es menor a 0.05 (nivel de confianza alfa al 95%) entonces la hipótesis nula es rechazada (se concluye que los datos no provienen de una distribución normal). Si el p-valor es mayor a alfa, no se rechaza la hipótesis y se concluye que los datos siguen una distribución normal (Shapiro & Wilk, 1965).

El test de normalidad se realizó para decidir si se realizaba un análisis paramétrico (cuando hay normalidad) o uno no paramétrico (cuando no hay normalidad).

Capacidad almacenamiento hídrico (CAH)

Para este estudio la capacidad de almacenamiento hídrico se definió como una proporción, dividiendo el contenido de agua en el tanque (CAT) entre el peso inicial de individuo evaluado.

$$CAH = \frac{CAT}{Peso\ inicial}$$

- **Diferencias en la capacidad de almacenamiento hídrico**

Para evaluar diferencias de la capacidad de almacenamiento hídrico (CAH) entre las cinco especies de bromelias se usó la prueba de Kruskal Wallis (Sokal & Rohlf, 1979). Se aplicó esta prueba no paramétrica debido a que los datos no fueron normales (Shapiro 0,05).

La **prueba de Kruskal-Wallis** es un método para probar diferencias entre grupos análogo al ANOVA (análisis de varianza). Es el método más adecuado para comparar poblaciones cuyas distribuciones NO son normales. Incluso cuando las poblaciones son normales, este contraste funciona muy bien (Wiener, 1978). Las hipótesis a contrastar para este caso fueron:

H_0 : No existen diferencias en la capacidad de almacenamiento hídrico entre las cinco especies de bromelias.

H_1 : Si existen diferencias en la capacidad de almacenamiento hídrico entre las cinco especies de bromelias.

La hipótesis nula (H_0) se rechaza si el p – valor resulta menor o igual que 0,05(Shapiro & Wilk, 1965). Cuando el valor obtenido en la prueba de Kruskal -Wallis es significativo, esto indica que existen diferencias entre dos factores dentro del grupo (Siegel & Castellán, 1988). En este caso en particular, indica que existen diferencias entre dos especies al menos.

Para poder determinar entre cuales de los grupos existía la diferencia, se realizaron comparaciones de pares a través de la función **Kruskalmc**.

Esta función ayuda a determinar qué grupos son diferentes después de que la prueba de Kruskal-Wallis resulta significativa, realizando comparaciones por pares. Los pares de grupos que tienen **diferencias observadas** superiores al **valor crítico**, se consideran estadísticamente diferentes (Siegel & Castellán, 1988).

III. RESULTADOS

3.1 Bromelias epífitas más comunes en el bosque de neblina “Chumucos”, Samanga-Ayabaca.

Las cinco especies de bromelias se han descrito teniendo en cuenta los individuos observados y colectados en este estudio y su frecuencia; así como también las diferentes fuentes bibliográficas.

Tillandsia biflora Ruiz & Pav 1802

Epífita, 20 a 48 cm de alto. Hojas 10-35 cm de largo, con láminas verdes, rosado claro a rojizas o con manchas purpúreas, café obscuras a café-purpúreas, liguladas, agudas, 2-3,5 cm de ancho. Escapo curvado. Inflorescencia densamente bipinnada, o reducida a una espiga con flores dispuestas en espiral. Flores algo erectas; sépalos oblongos, obtusos o anchamente agudos, 12 a 25 mm de largo; pétalos color azul-púrpura (Castillo *et al.*, 2009; Morillo *et al.*, 2010; CONAP, 2010)



Figura 8. *Tillandsia biflora* - Bosque los Chumucos.

Racinaea lyman-smithiana J.R. Grant 1994

Epífita, por lo general cuando tiene inflorescencia mide entre 25 a 55 cm de alto. Hojas en su mayoría erectas, dando la forma de “jarra” a la planta; láminas 3-5 cm de ancho, angostamente lanceoladas o angostamente triangulares, ápice recurvado. Escapo central, erecto o ascendente. Inflorescencia generalmente péndula y bipinnada. Flores divergentes del raquis; sépalos obovados u oblongos, 9 -12 mm de largo; pétalos amarillos, 9- 9,5 mm de largo (Castillo *et al.*, 2009; Morillo *et al.*, 2010; CONAP, 2010)



Figura 9. *Racinaea lyman-smithiana* - Bosque los Chumucos.

Tillandsia stenoura Harms 1935

Epífita, cuando tiene la inflorescencia mide hasta de 350 cm en flor. Hojas de 120-150 cm, verdes, lanceoladas en una roseta; Láminas de 12-18 cm de ancho. Escapo más largo que las hojas; brácteas hasta 44 cm, subfoliáceas, ocultando parte del escapo. Inflorescencia compuesta; raquis de 100-200 cm; brácteas primarias en su mayoría sin lámina, las vainas de 3-4 cm, mucho más cortas que las espigas; espigas 26-55-75 cm. Flores de color lila (Castillo *et al.*, 2009; Morillo *et al.*, 2010; CONAP, 2010).



Figura 10. *Tillandsia stenoura* - **Bosque los Chumucos.**

Tillandsia complanata Benth 1844

Epífita, cuando tiene inflorescencia mide entre 30 – 40 cm de alto. Hojas 30 a 50 cm de largo; láminas liguladas, abruptamente agudas a sub-obtusas, 3-5 cm de ancho, verdes, con frecuencia con manchas rojizas o pardas. Escapos numerosos, naciendo de las axilas foliares. Inflorescencias axilares, formadas por espigas simples, aplanadas, 4-24 flores (¿??). Flores sésiles; sépalos lanceolados, agudos, 10 a 15 mm de largo; pétalos azul-púrpura (Castillo *et al.*, 2009; Morillo *et al.*, 2010; CONAP, 2010)



Figura 11. *Tillandsia complanata* - **Bosque los Chumucos.**

Vriesea limonensis Rauh 1983

Epífita, cuando tiene inflorescencia puede llegar a medir cerca de 60 cm de largo. Hojas 15-50 cm de largo; 2-5 cm de ancho, verdes claro, ligulado-triangulares, largamente atenuadas. Escapo curvado. Inflorescencias colgantes, simples o digitadas, con 2 a 5 espigas. Flores con pedicelos de 3 a 5 mm de largo; sépalos elípticos, 15 a 20 mm de largo; pétalos color amarillo claro (Castillo *et al.*, 2009; Morillo *et al.*, 2010; CONAP, 2010).



Figura 12. *Vriesea limonensis* - Bosque los Chumucos.

3.2 Capacidad de almacenamiento hídrico - CAH.

Se colectaron un total de 83 individuos agrupados en las siguientes especies: *Tillandsia biflora* (22 ind.), *Racinaea lyman-smithiana* (16 ind.), *Tillandsia stenoura* (18 ind.) *Tillandsia complanata* (13 ind.), *Vriesea limonensis* (14 ind.). *Tillandsia stenoura* fue la especie de mayor tamaño en promedio con 611,50 g de peso y *Tillandsia biflora* con 125,86 g la especie que presentó el menor tamaño en promedio (Tabla 2, Fig. 13).

Tabla 2. Variables morfométricas de las cinco especies de bromelias epifitas más comunes en el bosque los Chumucos – Ayabaca- Los valores de las variables medidas se presentan en promedio con sus respectivas desviaciones estándar.

Especies	Nº de individuos colectados	Peso Inicial (g)	Contenido de agua en el tanque (ml)	Capacidad de almacenamiento hídrico (ml/g)
<i>Tillandsia biflora</i>	22	125,86 \pm 70.3	100,1 \pm 55,9	0,89 \pm 0,35
<i>Racinaea lyman-smithiana</i>	16	189,56 \pm 143.5	254,8 \pm 203,8	1,34 \pm 0,43
<i>Tillandsia stenoura</i>	18	611,50 \pm 264.62	405,1 \pm 264,6	0,72 \pm 0,25
<i>Tillandsia complanata</i>	13	353,23 \pm 223	281,6 \pm 222,9	0,94 \pm 0,35
<i>Vriesea limonensis</i>	14	303,85 \pm 181	223,6 \pm 180,9	0,86 \pm 0,34

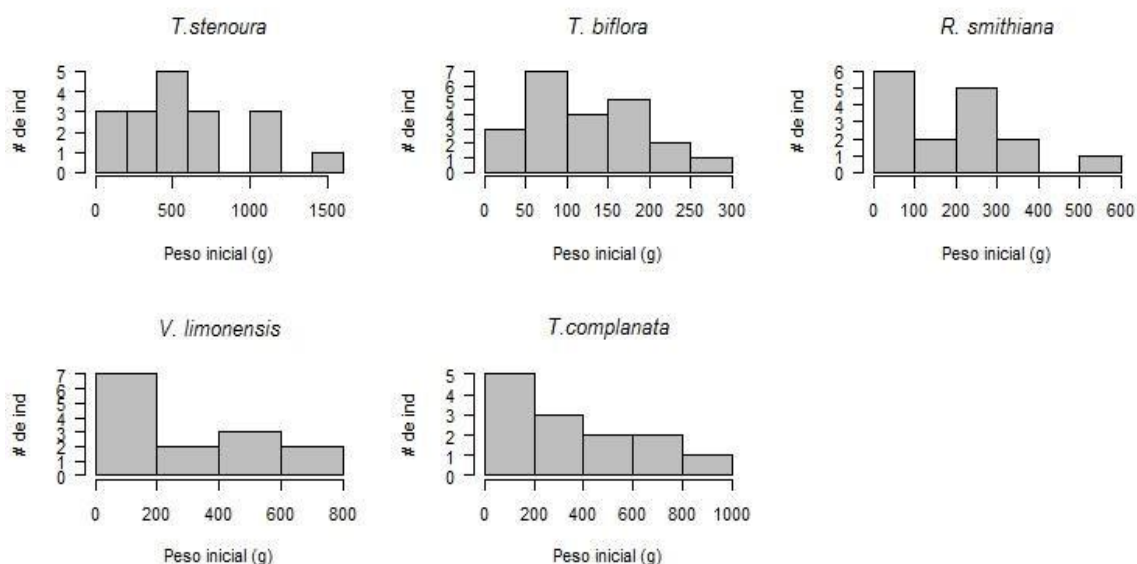


Figura 13. Número de individuos por peso inicial, de las cinco especies de bromelias epifitas más comunes en el bosque de neblina “Los Chumucos” – Ayabaca.

Tillandsia stenoura presentó el mayor contenido de agua con 405.1 ml, mientras que *Tillandsia biflora* con 100.1 ml presentó el menor valor de contenido de agua (Fig. 14).

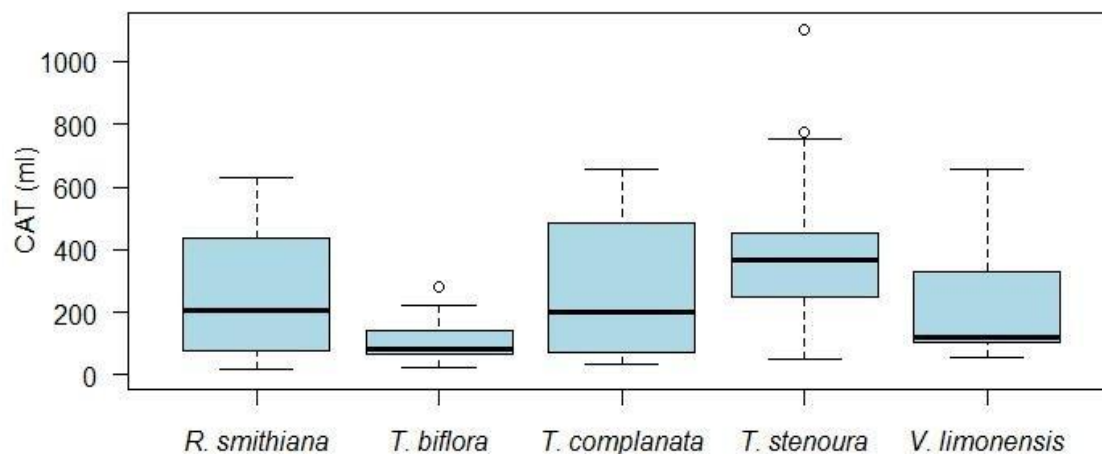


Figura 14. Contenido de agua de las cinco especies de bromelias epifitas más comunes en el bosque de neblina “Los Chumucos” – Ayabaca. Los diagramas de cajas representan la simetría de los valores de CAT por especie. Los datos extremos están representados como círculos vacíos.

La capacidad de almacenamiento (CAH) promedio para las cinco especies fue cercano a 1ml/g (tabla 02). La especie con mayor capacidad de almacenamiento hídrico fue *Racinaea lyman-smithiana* con un valor promedio de 1,3 ml/g y un valor máximo de 2,2 ml/g (Fig. 15).

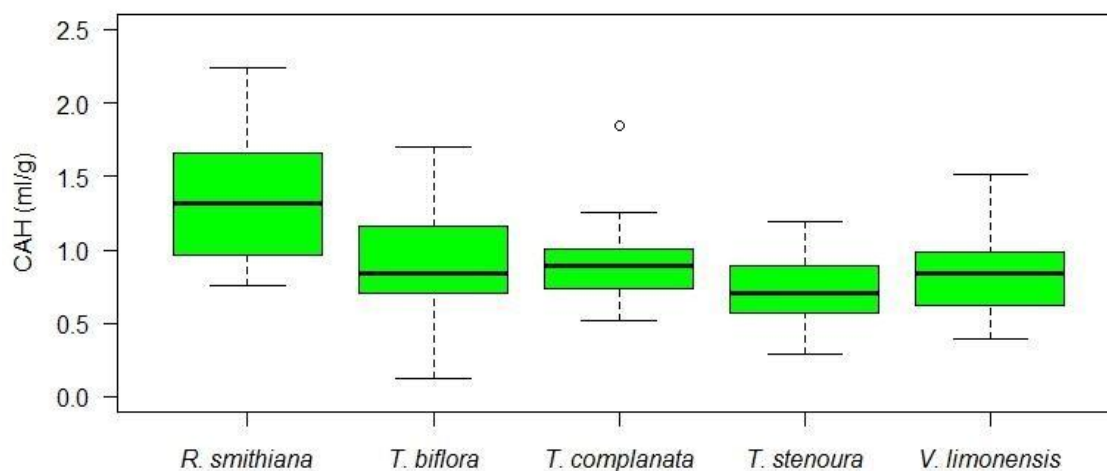


Figura 15. Capacidad de almacenamiento hídrico de las cinco especies de bromelias epifitas más comunes en el bosque de neblina “Los Chumucos” – Ayabaca. Los diagramas de cajas representan la simetría de los valores de CAH (mililitro de agua por gramo de peso de cada individuo) por especie. Los datos extremos están representados como círculos vacíos.

3.3 Diferencias en la capacidad de almacenamiento de las cinco especies de bromelias epifitas en el bosque de neblina “Los Chumucos” – Ayabaca.

Las especies de bromelias que mostraron diferencias en la capacidad de almacenamiento (Prueba de Kruskal –Wallis, p - valor < 0.05) fueron los siguientes pares: *Racinaea lyman-smithiana* y *Tillandsia biflora*, *Racinaea lyman-smithiana* y *Tillandsia stenoura*, *Racinaea lyman-smithiana* y *Vriesea limonensis* (Tabla 03).

Tabla 03. Comparación de pares (función de Kruskalmc) de la capacidad de almacenamiento entre las cinco especies de bromelias epifitas del bosque de neblina “Los Chumucos”, Ayabaca- Piura.

Comparación entre par de especies	Diferencias observadas	Valor critico	Diferencia
<i>Racinaea lyman-smithiana</i> - <i>Tillandsia biflora</i>	22.573	22.230	SI
<i>Racinaea lyman-smithiana</i> - <i>Tillandsia complanata</i>	21.283	25.264	NO
<i>Racinaea lyman-smithiana</i> - <i>Tillandsia stenoura</i>	35.326	23.247	SI
<i>Racinaea lyman-smithiana</i> - <i>Vriesea limonensis</i>	26.437	24.761	SI
<i>Tillandsia biflora</i> - <i>Tillandsia complanata</i>	1.290	23.669	NO
<i>Tillandsia biflora</i> - <i>Tillandsia stenoura</i>	12.752	21.503	NO
<i>Tillandsia biflora</i> - <i>Vriesea limonensis</i>	3.863	23.131	NO
<i>Tillandsia complanata</i> - <i>Tillandsia stenoura</i>	14.042	24.626	NO
<i>Tillandsia complanata</i> - <i>Vriesea limonensis</i>	5.153	26.060	NO
<i>Tillandsia stenoura</i> - <i>Vriesea limonensis</i>	8.888	24.110	NO

Con excepción de la comparación con *Tillandsia complanata*, *Racinaea lyman-smithiana* fue la especie que más se diferenció del resto de las especies evaluadas en término de la capacidad de almacenamiento (Fig. 15).

IV. DISCUSIÓN

Estudios que han calculado indirectamente el contenido de agua de individuos de algunas bromelias en bosques altoandinos muestran; para 37 individuos de *Tillandsia turneri* un valor promedio de 348,5 ml ($\pm 42,5$) y un valor máximo de 1 123 ml (Ospina-Bautista *et al.*, 2004); en el caso de *Catopsis* sp, 30 individuos registraron un valor promedio de 42.7 ml ($\pm 43,1$) y un valor máximo de 120 ml (Nielsen, 2011).

El promedio del contenido de agua de *Tillandsia turneri* es muy similar al registrado en las bromelias evaluadas, mientras que el promedio del contenido de agua en *Catopsis* sp resultó inferior al registrado en *Tillandsia biflora* que fue la especie de menor peso y menor tamaño entre las cinco. La diferencia en tamaño o peso de los diferentes individuos colectados se ve reflejada en la variabilidad en el contenido de agua (desviación alta con respecto al promedio), debido a ello, la capacidad de almacenamiento hídrico (CAH) se calculó como una proporción entre la cantidad de agua que puede almacenar un individuo en relación a su peso, esto con el fin de obtener datos comparables entre especies y contrarrestar el efecto del tamaño que presentaron entre especies e individuos de la misma especie.

La influencia del microclima en las plantas puede ser observada no sólo a nivel fisiológico, sino también a nivel morfológico y anatómico, ya sea reflejado en las diferentes orientaciones de las hojas de un mismo individuo o entre individuos de una misma especie bajo diferentes condiciones micro-climáticas (Camacho & Bellefleur, 1996; Silva *et al.*, 1999). En las bromeliáceas epífitas, cambios en la anatomía y la fisiología foliar pueden interpretarse en el contexto de estrategias para “evitar la sequía” o para “tolerar la sequía” (Schmidt & Zotz, 2001).

Racinaea lyman-smithiana fue la especie que presentó en promedio la mayor CAH, así mismo mostro diferencias (Kruskal test; $p < 0.05$) con la mayoría de las especies evaluadas (Tabla 03). Si comparamos *Racinaea lyman-smithiana* con el resto de las especies evaluadas observamos una clara diferencia con respecto a la “forma”; *Racinaea lyman-smithiana* con hojas mejor superpuestas forma un tanque más eficiente, lo que explicaría en parte, la diferencia en capacidad de almacenamiento hídrico que presenta esta especie.

En Perú, los bosques de neblina se distribuyen entre los 2 000 y 3 200 msnm, en donde la precipitación anual fluctúa entre los 2 000 y 3 000 mm y no se presentan estaciones secas ni lluviosas pronunciadas (Espinoza *et al.*, 2008; Gómez-Peralta *et al.*, 2008). Es característico de estos bosques la presencia de epífitas, musgos y líquenes en sus ramas y troncos, que, además de contribuir a la diversidad florística del ecosistema, constituyen la más importante fuente de interceptación de agua de neblina en el bosque (Holder, 2004; Mulligan & Jarvis, 2000; Cavelier *et al.*, 1996) dada su gran superficie y capacidad de almacenamiento de agua (Tobón *et al.*, 2009). En los bosques húmedos las epífitas no vasculares presentan valores de biomasa seca de hasta 16 toneladas por hectárea (Kohler *et al.*, 2007). Las epífitas tienen una gran capacidad para interceptar y almacenar el agua de la lluvia y de la niebla; hasta cinco veces su peso seco (Tobón *et al.*, 2009; Köhler *et al.*, 2007; Avendaño, 2007). Este agua es posteriormente liberada por goteo hacia el suelo del bosque (Coxson & Nadkarni, 1995; Lovett *et al.*, 1985), manteniendo la capacidad hídrica de estos ecosistemas y su función de regulación del microclima y los caudales, especialmente en verano (Bruijnzeel, 2004). En general, el agua capturada por las epífitas está entre el 5% y el 35% de la precipitación anual (Kohler *et al.*, 2007; Tobón *et al.*, 2009; Villegas *et al.*, 2008; Richardson *et al.*, 2000), aun cuando algunos estudios han mostrado valores por encima del 100% (Sugden, 1981). Los reportes de monitoreo hidrológico en la microcuenca “Los Chumucos” muestran que el bosque funciona como una “esponja”, reteniendo el agua de la temporada lluviosa para luego ir drenando el agua lentamente en la temporada de estiaje (NCI-Perú, 2015).

Las cinco especies de bromelias evaluadas pueden almacenar en promedio su peso en agua (CAH = 1ml/g). Las bromelias siendo uno de los grupos de epífitas más característicos en el bosque (presentando valores de biomasa significativos) resultan un componente importante y significativo en el balance hídrico y el servicio que brindan estos bosques a la sociedad (en el que destaca el servicio hídrico). El agua de uno de uno de los principales ríos de la región Piura (río Quiroz) nace de estos bosques de neblina, que se encuentran en la cabecera de cuenca en los distritos de Ayabaca y Pacaipampa.

Diversos modelos de cambio climático coinciden en que la temperatura seguirá aumentando más o menos uniformemente a nivel global (más notoriamente en el hemisferio norte que en el sur) a una tasa de 0.2 °C por decenio; además, con un grado de confianza alto, las proyecciones indican que a mediados del siglo, la escorrentía fluvial anual y la disponibilidad de agua aumentarán en latitudes altas (y en ciertas áreas lluviosas tropicales), y disminuirán en algunas regiones secas en latitudes medias y en los trópicos (IPCC, 2007). Las epífitas puedan responder más rápidamente a cambios en los patrones de precipitación generados por el cambio climático global y provocar desplazamientos geográficos locales o la desaparición de especies en ciertas áreas (Benzing, 1998). Las epífitas son uno de los grupos más amenazados frente a este cambio climático, ya que el sistema radical sólo las adhiere al hospedero, y los nutrientes y el agua necesarios para su crecimiento son absorbidos por las hojas. A diferencia de otros tipos de epífitas cuyas raíces exploran una mayor área y crecen en sitios con acumulación de suelo rico en nutrientes (Benzing, 1990; Lesica & Antibus, 1990; Andrade & Nobel, 1996, 1997), lo que las vuelve en mayor medida dependientes de la atmósfera y lo que se acumule en sus hojas. Por esto, es primordial entender la respuesta de las bromeliáceas epífitas, tanto a nivel individual como poblacional, ante las fluctuaciones ambientales ocasionadas por el cambio climático global y cómo se podrían afectar los ecosistemas en los que se encuentran (Cach-Pérez *et al.*, 2014).

Los cambios en el clima, producto del cambio climático global, sumado a la acelerada destrucción de los bosques producto de actividades como la tala y deforestación, hace prioridad entender la relación que tienen este grupo de plantas en los bosques. A pesar de ser uno de los componentes más característicos de la mayoría de los bosques tropicales, el avance en campos como el almacenamiento y capacidad que tienen estas plantas para retener agua son pocos y enfocados a otros grupos de epífitas (epífitas no vasculares). El estudio realizado trata de empezar a entender estos aspectos hidrológicos en este grupo de plantas, dando los primeros aportes cuantitativos de cuánta agua puede almacenar una bromelia y los primeros alcances sobre si esta capacidad de almacenamiento es diferente o más “eficiente” entre especies. Este aporte es el inicio de todo un campo por explorar y comenzar a entender sobre la función y el valor de las bromelias en el bosque “Los Chumucos” con respecto al servicio hídrico que brindan, lo cual sumado a Iniciativas de monitoreo (hidrológico y de carbono) y conservación que se vienen realización, permitirá plantear mejores propuestas de conservación para estos ecosistemas.

V. CONCLUSIONES

- La capacidad de almacenando hídrico promedio para las cinco especies fue: *Tillandsia biflora* (0,89 ml/g), *Tillandsia stenoura* (0,72 ml/g), *Tillandsia complanata* (0,94 ml/g), *Vriesea limonensis* (0,86 ml/g) y *Racinaea lyman-smithiana* (1,3 ml/g).
- *Racinaea lyman-smithiana* fue la especie con mayor valor promedio de capacidad de almacenamiento hídrico (1,3 ml/g).
- La capacidad de almacenamiento hídrico resultó diferente (Kruskal test; $p < 0.05$) entre las cinco especies evaluadas, siendo *Racinaea lyman-smithiana* la especie que presentó diferencias con el resto de especies evaluadas, con excepción de *Tillandsia complanata*.

VI. RECOMENDACIONES

Realizar estudios de diversidad, ensamblaje y abundancia de epifitas, en especial de epifitas vasculares como las bromelias en el bosque de neblina los Chumucos.

Para futuros estudios en bromelias epifitas se debería incluir la variable tamaño de individuo por especie para evitar sesgos en cuanto a las variables a calcular, debido a la alta variabilidad de los datos producto de los diferentes tamaños que presentan.

Continuar con estudios de captación y retención de agua en epifitas, para calcular el aporte real de estas plantas a los bosques de neblina, en especial en el bosque los Chumucos.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acuña, T. 2010. Flora epífita vascular representativa de bosque montano y de llanura amazónica del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (Oxapampa, Pasco). Tesis E.A.P. ciencias biológicas-Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
- Andrade J. & Nobel P. 1996. Habitat, CO₂ uptake and growth for the CAM epiphytic cactus *Epiphyllum phyllanthus* in a Panamanian tropical forest. *Journal of Tropical Ecology* 12: 291-306.
- Andrade J. & Nobel P. 1997. Microhabitats and water relations of epiphytic cacti and ferns in a lowland Neotropical forest. *Biotropica* 29: 261-270.
- Arévalo, R. & Betancur, J. 2004. Diversidad de Epifitas vasculares en cuatro bosques del sector suroriental de la serranía de Chiribiquete, Guayana Colombiana. *Caldasia* 26(2): 359-380.
- Avendaño, D. 2007. Biomasa y capacidad de almacenamiento de agua de las epifitas en el Páramo de Guerrero (Cundinamarca, Colombia). Tesis Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Medellín.
- Benzing, D. 1976. Bromeliad trichomes: structure, function and ecological significance. *Selbyana* 1: 330-348.
- Benzing, D. 1980. The biology of bromeliads. Mad River Press. Eureka, California. 287-305 p.
- Benzing, D. 1987. Vascular epiphytism: taxonomic participation and adaptive diversity. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 74: 183-204.
- Benzing, D. 1989. Vascular epiphytes in America. *Tropical Rain Forest Ecosystems*. 14: 133-154.
- Benzing, D. 1990. Vascular epiphytes. General biology and related biota. Cambridge University Press, Cambridge. 354 pp.
- Benzing D. 1998. Vulnerabilities of tropical forest to climate change: the significance of resident epiphytes. *Clim Change* 39:519-540.
- Benzing, D. 2000. Bromeliaceae. Profile of an adaptive radiation. Cambridge University Press, Cambridge. 690 p.
- Benzing, D & Davidson, E. 1979. Oligotrophic *Tillandsia circinnata* Schlecht (Bromeliaceae): an assessment of its patterns of mineral location and reproduction. *American Journal Bot* 66(4): 386-397.
- Benzing, D. & Ott, D. 1981. Vegetative reduction in epiphytic Bromeliaceae and Orchidaceae: Its origin and significance. *Biotropica* 13(2): 131-140.

- Boardman NK. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. *Annual Review of Plant Physiology* 28: 355-377.
- Brown, G. & Terry, R. 1996. Petal appendages in Bromeliaceae. *American Journal of Botany* 79(9): 1051-1071.
- Bruijnzeel, L. 2004. Hydrological functions of tropical forests: not seeing the soil for the trees *Agriculture Ecosystems and Environment*.104.
- Bubb, P., May, I., Miles, L y Sayer, J. 2004. *Cloud Forest Agenda*. UNEP-WCMC, IUCN.UNESCO.32 p.
- Camacho M. & Bellefleur P. 1996. Aclimatación morfológica a la luz en seis especies arbóreas de los bosques montanos de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 44(1): 71-79.
- Castillo, Y., Lombana, M., Ortiz, K y Rosero, Y. 2009. Distribución vertical de epifitas (Familia Bromeliaceae) en un bosque húmedo montano bajo (bh MB) en la reserva natural Buenavista, municipio de Simbundo y Putumayo. Universidad de Nariño, Facultad de ciencias naturales y matemáticas; Departamento de biología- Colombia.
- Cavelier, J., Estévez, J y Arjona, B. 1996. Fineroot biomass in three successional stages of an andean cloud forest in colombia. *Biotropica* 28: 728-736.
- Ceja, R., Espejo S., López, F., García J., Mendoza, A y Pérez, B. 2008. Las plantas epífitas, su diversidad e importancia.
- Consejo Nacional de Áreas Protegidas-CONAP. 2010. *Guía de Reconocimiento del Género Tillandsia de Guatemala*.
- Colwell, R., Brehm, G., Cardelús, C. Gilman, A & Longino, T. 2008. Global warming, elevational range shifts, and lowland biotic attrition in the wet tropics. *Science* 322: 258-261.
- Cuesta F., Postigo, J & Bustamante. M. 2012. Área de estudio. Pp 25-37. En: Cuesta F., Bustamante, M., Becerra M.T., Postigo J., Peralvo M. (Eds.). 2012. *Panorama andino de cambio climático: Vulnerabilidad y adaptación en los Andes Tropicales*. CONDESAN, SGCAN, Lima.
- Cruz - Angón, A. & Greenberg, R. 2005. Are epiphytes important for birds in coffee plantations? An experimental assessment. *Journal of Applied Ecology* 42: 150-159.
- Downs, R. & Lyman, B. 1974. *Flora Neotropical*. Monograph. No. 14, Bromeliaceae. Hafner Press 63 p.
- Espejo-Serna A., López- Ferrari A., Martínez-Correa, N y Pulido-Esparaza, V. 2007. Bromelia flora of Oaxaca, Mexico: Richness and distribution. *Acta Bot. Mex.* 081: 81-147.
- Espinoza, J., Ronchail, J., Guyot, J., Filizola, N., Noriega, L., Ordonez, J., Pombosa, R., Romero, H. 2008. Spatio – Temporal rainfall variability in the Amazon Basin Coun-

- tries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia and Ecuador). Submitted to International Journal of Climatology.
- Foster, P. 2001. The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forests. *Earth- Science Review*. 55: 73-106.
- Gentry, A. & Dodson, C. 1987. Diversity and biogeography of neotropical vascular epiphytes. *Ann. Missouri Botanical Garden* 74: 205-233.
- Gómez, D., Oberbauer, S., McClain, M. Philippi, T. 2008. Rainfall and cloud- water interception in tropical montane forests in the eastern Andes of Central Peru. *Forest Ecology and Management* 255: 1315–1325.
- Hamilton, L., Juvik, J y Scatena, F. 1995. The tropical mountain cloud forest. Springer-Verlag Nueva York, E.U.A.
- Holder, C. 2004. Rainfall interception and fog precipitation in a tropical montane cloud forest of Guatemala. *Forest Ecology and Management* 190: 373-384.
- Holdridge, L. 1967. Life Zone Ecology Tropical Science Center. San José, Costa Rica. (Traducción del inglés por Humber to Jiménez Saa: Ecología Basada en Zonas de Vida, 1a. ed. San José, Costa Rica: IICA, 1982).
- IPCC. Intergovernmental Panel of Climate Change. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC, Ginebra.
- Jablonski, D., Kaustuv, R y Valentine, J. 2006. Out of the Tropics: Evolutionary Dynamics of the Latitudinal Diversity Gradient. *Science* 314 (102).
- Köhler, I., Tobón, C., Frumau, k y Bruijnzeel, I. 2007. Biomass and water storage dynamics of epiphytes in old-growth and secondary montane cloud forest stands in Costa Rica. *Plant ecology* 193(2): 171-184.
- Kress, W. 1986. The systematic distribution of vascular epiphytes: an update. *Selbyana* 9: 2-22.
- Lesica, P & Antibus, R. 1990. The occurrence of mycorrhizae in vascular epiphytes of two Costa Rican rain forests. *Biotropica* 22: 250-258.
- Lovett, G., Lindberg, E., Richter, D y Johnson, W. 1985. The effects of acidic deposition on cation leaching from three deciduous forest canopies. *Can. J. Forest Res.* 15: 1055-1060.
- Luther, H. 2006. Alphabetical list of Bromeliad. Bromeliad Society International. Sarasota. 119 p.
- Lutz, D., Rebecca L., Powell, M., Silman. R. 2013. Four Decades of Andean Timberline 11 Migration and Implications for Biodiversity Loss with Climate Change. *PLoS ONE* 8(9).

- Madison, M. 1977. Vascular epiphytes: their systematic and salient features. *Selbyana* 2: 1-13.
- La Marca, E., Lips, K., Lötters, S. *et al.* 2005. Catastrophic Population Declines and Extinctions in Neotropical Harlequin Frogs (*Bufonidae*: *Atelopus*). *Biotropica* 37:190-201.
- Mendieta, G. 2007. Diversidad beta de las comunidades de epifitas vasculares en el bosque Montano Nublado "San Francisco" Zamora-Chinchipe. Ecuador. Tesis para obtener título profesional. Universidad Nacional de Piura. Piura.
- Merwin, M. Rentmeester, S. Nadkarni, N. 2003. The influence of host tree species on the distribution of epiphytic bromeliads in experimental monospecific plantations, la Selva, Costa Rica. *Biotropica* 35(1): 37-47.
- Mittermeir, R. Mittermeier, C. Robles, P. 1997- Megadiversity: Earth biologically wealthiest nations. CEMEX, Mexico, D.F.
- Morillo, G. Briceño, B. Oliva, F 2010. Bromeliaceae de los páramos y subpáramos andinos venezolanos. *Acta Bot. Venezuela*.
- Myer, N. Mittermeier da Fonseca, A. Kent, J. 2000. Biodiversity hotspot for conservation priorities *Nature*. (403/25): 853-858.
- Nadkarni, N. 1984. Epiphyte biomass and nutrient capital of a Neotropical elfin forest. *Biotropica* 16: 249-256.
- Nadkarni N. 1992. The conservation of epiphytes and their habitats: summary of a discussion at the international symposium on the biology and conservation of epiphytes. *Selbyana* 13: 140-142.
- Nadkarni NM, Matelson TJ, Haber WA (1995) Structural characteristics and floristic composition of a neotropical cloud forest, Monteverde, Costa Rica. *J Trop Ecol* 11:481–495
- NCI- Perú, 2012. Expediente técnico: Área de conservación privada comunal bosques de neblina y paramos de Samanga, Ayabaca. *Naturaleza y cultura Internacional – 2014*. Piura.
- NCI- Perú, 2014. Boletín informativo Nº 1. Iniciativa de monitoreo hidrológico en ecosistemas andinos IMHEA- Piura. *Naturaleza y cultura Internacional – 2014*. Piura.
- NCI- Perú, 2015. Boletín informativo Nº 2. Iniciativa de monitoreo hidrológico en ecosistemas andinos IMHEA- Piura. *Naturaleza y cultura Internacional – 2014*. Piura.
- Nieder, J., Prosperi, J. and G. Michaloud. 2001. Epiphytes and their contribution to canopy diversity. *Pl. Ecol.* 153: 51–63.

- Nielsen, P. 2011. Composición de macroinvertebrados acuáticos en bromelias (*Catopsis* spp.) de la Reserva Biológica Uyuca, Honduras. Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras. 26p.
- Ohrei, T., Nobira, Y., Sakata, T., Taji, C., Yamamoto, K., Nishida, T., Yamakawa, Y., Sasuga, Y. Yaguchi, H y Takenaga, S. 2007. Foliar trichome- and aquaporin-aided water uptake in a drought-resistant epiphyte *Tillandsia ionantha* Planchon. *Planta* 227: 47-56.
- Ospina-Bautista F. Estévez, V. Betancur, J. Realpe, E. 2004. Estructura y composición de macro invertebrados acuáticos asociados a *Tillandsia turneri* Baker (Bromeliaceae) en un bosque alto andino colombiano. *Acta Zoológica Mexicana* 20(1):153-166.
- Pérez, M., Andrade, J., Reyes, C. 2014. La susceptibilidad de las bromeliáceas epífitas al cambio climático. *Botanical Sciences* 92 (2): 157-168.
- R Core Team 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Reinert, F. 1998. Epiphytes: photosynthesis, water balance and nutrients. En Scarano F.R. y Franco A.C. Eds. *Ecophysiological Strategies of Xerophytic and Amphibious Plants in the Neotropics*. Series Oecologia Brasiliensis. Vol. IV. 87-108, Computer & Publish Editoração Ltda., Río de Janeiro.
- Richardson, B. 1999. The Bromeliad Microcosm and the Assessment of Faunal Diversity in a Neotropical Forest. *Biotropica* 31(2): 321-336.
- Richardson, B., Richardson, A., Scatena, M y McDowell, F. 2000. Effects of nutrient availability and other elevational changes on bromeliad populations and their invertebrate communities in a humid tropical forest in Puerto Rico. *Journal Tropical Ecology* 16: 167-188.
- Ruzana A. & Ainuddin A. 2011. Epiphytic plant responses to light and water stress. *Asian Journal of Plant Sciences* 10: 97-107.
- Sagástegui, A. Sánchez, I. Zapata, M. Dillon, M. 2003. *Diversidad Florística del Norte del Perú. Bosques Montanos*. Trujillo: tomo II. Edit. Graficart.
- Schimper, A. 1888. Die epiphytische Vegetation Amerikas. *Botanische Mittheilungen aus den Tropen*, Heft 2. Gustav Fischer, Jena. 162 pp.
- Schmidt G. y Zotz G. 2001. Ecophysiological consequences on differences in plant size: in situ carbon gain and water relations of the epiphytic bromeliad, *Vriesea sanguinolenta*. *Plant, Cell and Environment* 24:101-111
- Schurr, U. Walter, A. Rascher, U. 2006. Functional dynamics of plant growth and photosynthesis –from steady-state to dynamics– from homogeneity to heterogeneity. *Plant, Cell and Environment* 29: 340-352.

- Shapiro, S. Wilk, M. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*.
- Seimon, T., A. Seimon, A., Daszak, P., Halloy, S., Schloegel, L., Aguilar, C Sowell, P., Hyatt, A., Konecky, B & Simmons, J. 2007. Upward range extension of Andean anurans and chytridiomycosis to extreme elevations in response to tropical deglaciation. *Global Change Biology* 13: 288-299.
- Siegel & Castellan 1988. Non parametric statistics for the behavioural sciences. MacGraw Hill Int., New York.
- Silva H., Martínez, J. Baginsky, C. Pinto, M. 1999. Efecto del déficit hídrico en la anatomía foliar de seis cultivares de poroto. *Revista Chilena de Historia Natural* 72: 219-235.
- Sokal, R. Rohlf, J. 1979. *Biometry*. 2nd ed. W.H. Freeman, San Francisco, California. USA.
- Sugden, A. 1981. Aspects of ecology of vascular epiphytes in two Colombian cloud forests: II. Habitat preferences of Bromeliaceae in the Serrania de Macuira. *Selbyana* 5:264-273.
- Tobón, C. Bruijnzeel, I. Frumau, A. 2009. Physical and hydraulic properties of Tropical Montane Cloud Forest soils and their changes after conversion to pasture. *Proceedings of the Second International Symposium: Science for Conserving and Managing Tropical Montane Cloud Forests*, Waimea, Hawaii. July 27 – August 1, 2004.
- Villegas, J., Tobón, C y Breshears, D. 2008. Fog Interception by nonvascular epiphytes in the tropical cloud forests: dependencies on gauge type and meteorological conditions. *Hydrological Processes* 22: 2484-2492.
- Wiener, P. 1978. Peirce, Charles Sanders. En W. Kruskal, & J. Tanur, *International Encyclopedia of Statistics*. New York, U.S.A.: The Free Press.
- Young B, Young R, Josse, C. 2011. Vulnerability of Tropical Andean Ecosystems to Climate Change. En: Herzog SK, Martinez R, Jorgensen PM, Tiessen H, (Eds). *Climate Change and Biodiversity in the Tropical Andes*. SCOPE, IAI. pp. 170–181.
- Zavala, M. 2002. Inventario de bromelias epifitas del bosque de neblina de la montaña el Volcan, El Paraíso, Honduras. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero en Desarrollo Socioeconómico y Ambiente, Zamora, Honduras.
- Zotz, G. & Andrade, J. 1998. Water relations of two concurring epiphytic bromeliads. *Journal of Plant Physiology* 152: 545-554.
- Zotz, G & Andrade, J. 2002. Fragmentación: patrones y mecanismos de extinción de especies. In: Guriguata, M. y Catan, G. (Eds). *Ecología y conservación de bosques tropicales*. Ed. Costa Rica: Libro universitario regional.
- Zotz, G. & Hietz, P. 2001. The physiological ecology of vascular epiphytes: current knowledge, open questions. *Journal of Experimental Botany* 52(354): 2067-2078.

- Zotz, G. & Vera, T. 1999. How Much Water is in the Tank? Model Calculations for Two Epiphytic Bromeliads. *Annals of Botany* 83: 183-192.
- Zotz, G. Hietz P. Schmidt G. 2001. Small plants, large plants - the importance of plant size for the physiological ecology of vascular epiphytes. *Journal of Experimental Botany* 52: 2051-56.
- Zotz, G. 2013. The systematic distribution of vascular epiphytes - a critical update. *Botanical Journal of the Linnean Society* 171: 453-481.

VIII. ANEXOS



Figura 16. Trabajo de recojo de información en campo.



Figura 17. Colecta de bromelias de la parte alta de los árboles.



Figura 18. Equipos utilizados para el trabajo en campo.



Figura 19. Colecta de bromelias de la parte baja de los árboles.



Figura 20. Remoción de restos de materia orgánica y detritos de los espacios entre las hojas de cada bromelia.



Figura 21. Proceso de llenado para cada individuo colectado.



Fig. 22. Proceso de medición para cada individuo colectado.



Fig. 23. Proceso de llenado de los espacios laterales de cada individuo de bromelia colectado.



Figura 24. Pesado de un individuo de *Tillandsia biflora* colectado



Figura 25. Pesado de un individuo de *Racinaea lyman-smithiana* colectado.



Figura 26. Individuos de *Tillandsia stenoura* de diferente tamaño colectadas.



Figura 27. Individuos de *Racinaea lyman-smithiana* de diferente tamaño colectadas.



Figura 28. Ubicación de las bromelias en los árboles del bosque de los Chumucos



Figura 29. Inflorescencia de *Tillandsia biflora*.



Figura 30. Rama caída por el exceso de bromelias en el árbol huésped.



Figura 31. Forma atmosférica de una de las bromelias presentes en el bosque Los Chumucos.

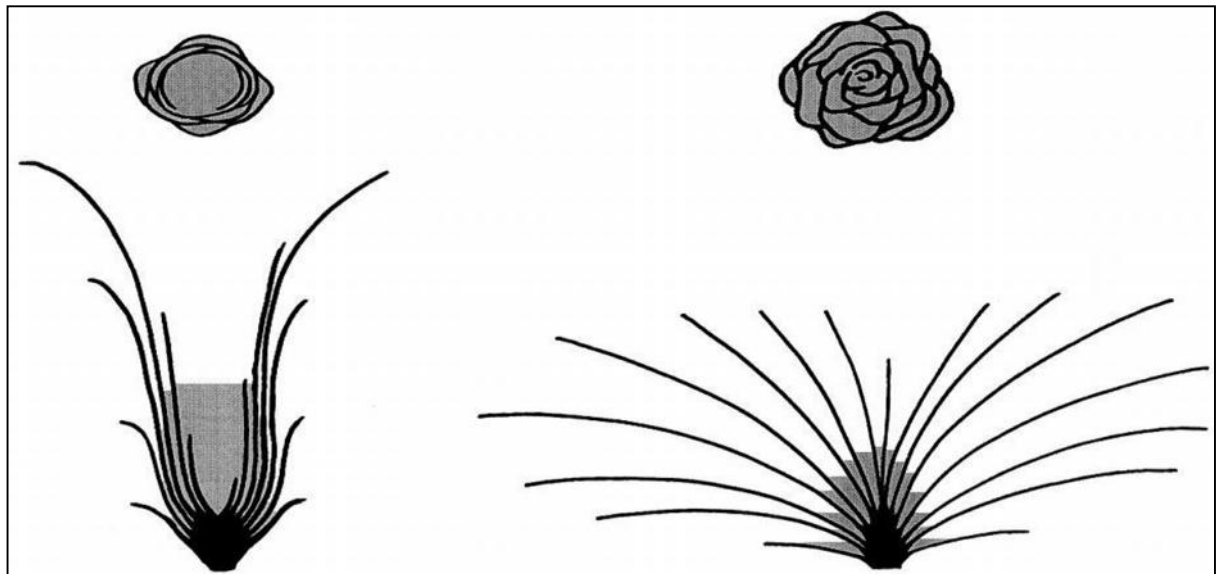


Figura 32. Esquema de los dos tipos de tanque en las bromelias. Zotz & Andrade (1998)



Figura 33 Tipo de tanque central en *Racinaea lyman-smithiana*.



Figura 34. Tipo de tanque de compartimientos laterales en *Tillandsia complanata*

Script de Resultados en Rstudio.

```
# CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO HIDRICO EN 5 ESPECIES DE BROMELIAS-----

setwd( "C:/Users/Dimas/Desktop/Proyecto de TESIS/Excel")
tesis<- read.table("Base datos final_ 5 Sp Bromelias abreviados.csv", skip =0, sep="," ,
header=TRUE)
str(tesis)

# El objetivo del estudio es determinar la capacidad
# de almacenamiento de los tanques de las cinco especies
# de bromelias epifitas más comunes en el bosque de neblina
#los Chumucos y ver si existen diferencias
#de capacidad de almacenamiento entre
#las cinco especies .

#3 RESULTADOS-----
# 3.1 Bromelias epifitas mas comunes en el bosque los chumucos----

#Tillandsia complanata
#Tillandsia stenoura
#Tillandsia biflora
#Racinaea lyman-smithiana
#Vriesea limonensis

# 3.2 capacidad de Almacenamiento hidrico de las cinco especies de bromelias mas comunes ----

# ver tabla 02 en words...
# numero de muestras por especie
table(tesis$spp_code)
# promedio de los pesos iniciales
tapply(tesis$Peso_inicial, tesis$spp_code, mean)
tapply(tesis$Peso_inicial, tesis$spp_code, sd)# desviacion estandar
#Promedio de las capacidad del tanque
tapply(tesis$Ca, tesis$spp_code, mean)
tapply(tesis$Ca, tesis$spp_code, sd)# desviacion estandar
# Capcidad de almacenamiento hidrico CAH ( proporcion de capacidad por peso)
# se definio la capacidad de almacenamiento hidrico como la
# division entre la capacidad de almacenamiento del tanque (CAT) entre el peso inicial de cada
especie
tesis$Ca/tesis$Peso_inicial # capacidad de almacenamiento hidrico (CAH)
tapply((tesis$Ca/tesis$Peso_inicial), tesis$spp_code,mean)
# Racinaea smithiana : 1.35
# T. complanata : 0.94
# T. biflora : 0.90
# V. limonensis : 0.86
# T. stenoura : 0.72

# histogramas para ver los diferentes tamaños de
# bromelias usados para el estudio

par(mfrow = c(2,3))
spp <- levels(tesis$spp_code)
for(i in spp){
  with(tesis[tesis$spp_code == i,], hist(Peso_inicial, main = i, xlab = "Peso inicial (g)", col = "grey"))
}
```



```

}
# graficamente se muestran las CAH de las cinco especies
plot((tesis$Ca/tesis$Peso_inicial)~tesis$spp_code, nlab=2, ylim=c(0,2.5),ylab = "CAH (ml/g)", xaxt
= "n", xlab=" ",col = "green")
axis(side=1, at=c(1,2,3,4,5), labels=c("R. smithiana", "T. biflora", "T. complanata", "T. stenoura", "V.
limonensis"),font=3)

```

#3.3 diferencias entre capacidad de almacenamiento hidrico de las cinco especies de bromelias evaluadas----

```

# comprobaremos distribucion de los datos
hist(tesis$Ca/tesis$Peso_inicial)
shapiro.test(tesis$Ca/tesis$Peso_inicial)
# este test me permite ver la normalidad de los datos( para un dato x separado)
# h0 : no existen diferencias entre una distribucion normal y la de nuestros datos.
#Datos no normales
# Analisis no parametricos
# Haremos un analisis de contraste de medias para ver si la diferencia de los
#entre los grupos(especies) es significativa con respecto a su capacidad.

# variable dependiente : Capacidad de almacenamiento
#variable independiente(factor) : Especies de bromelias

## aplicaremos el Kruskal.test

##La prueba de Kruskal-Wallis es el método más adecuado para comparar
# poblaciones cuyas distribuciones NO son normales. Incluso cuando las poblaciones son
#normales, este contraste funciona muy bien.
install.packages("pgirmess")
# H0 : no existe diferencias significativas entre las medianas de la capacidad de almacenamiento
en las .
# H1 : existe diferencias en almenos un grupo de especies ...
kruskal.test((Ca/Peso_inicial)~spp_code,data = tesis)
dif<-lm((Ca/Peso_inicial)~spp_code,data = tesis)# variable especie es significativo...
summary(dif)
anova(dif)
# el p-value resulto ser menor de 0.05 por lo tanto
# la Hipotesis nula se rechaza.

## ahora veamos en cual de los grupos(comparacion multiples) existe
#las diferencias.
kruskalmc((l(tesis$Ca/tesis$Peso_inicial) ~ tesis$spp_code))
# solo existen diferencias significativas entre los siguientes pares
# de especies: Racinaea lyman-smithiana - Tillandsia biflora, Racinaea lyman-smithiana - Tillandsia
stenoura,
# Racinaea lyman-smithiana - Vriesea limonensis.
# siendo la especie racinaea la que presenta diferencias entre el resto de las
# especies evaluadas.

# fin de analisis .....

```